

УДК 665.223.9

І. В. ЛЕВЧУК, І. М. ДЕМИДОВ, В. К. ТИМЧЕНКО, Т. В. АРУТЮНЯН**ОСОБЛИВОСТІ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ВІТЧИЗНЯНОГО БОРСУКОВОГО ЖИРУ**

У статті зазначено необхідність дослідження фізико-хімічних показників та жирнокислотного складу борсукового жиру вітчизняного виробництва у зв'язку з широким спектром використання даного продукту у різних галузях – від традиційної медицини до харчових біологічно активних добавок. Для визначення жирнокислотного складу зразків досліджено методом газової хроматографії метилові ефіри жирних кислот. У досліджуваних зразках виявлено жирні кислоти, які є попередниками біологічно активних речовин, що відіграють важливу роль в організмі.

Ключові слова: борсуковий жир, насичені жирні кислоти, ненасичені жирні кислоти, омега-3, омега-6, омега-9, вітаміни, антиоксиданти, біологічно активні речовини.

В статье отмечена необходимость исследования физико-химических показателей и жирно-кислотного состава барсучьего жира отечественного производства в связи с широким спектром использования данного продукта в различных областях от традиционной медицины к пищевым биологически активных добавок. Для определения жирнокислотного состава образцов исследовано методом газовой хроматографии метиловых эфиров жирных кислот. В исследуемых образцах обнаружено жирные кислоты, которые являются предшественниками биологически активных веществ, которые играют важную роль в организме.

Ключевые слова: барсучий жир, насыщенные жирные кислоты, ненасыщенные жирные кислоты омега-3, омега-6, омега-9, витамины, антиоксиданты, биологически активные вещества.

The article referred to the need to study physical and chemical characteristics and fatty acid composition of fat badger domestic production due to the use of a wide range of products in various fields of traditional medicine to food dietary supplements. To determine the fatty acid composition of samples studied by gas chromatography of methyl esters of fatty acids. In the samples revealed fatty acids are precursors of biologically active substances that play an important role in the body.

Key words: badger fat, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, omega-3, omega-6, omega-9, vitamins, antioxidants and biologically active substances.

Вступ.

В народній медицині жир борсука застосовується вже більше 200 років. Як допоміжний засіб він використовується при виснаженні організму, лікуванні виразок дванадцятипалої кишки і шлунку, атеросклерозу, деяких видів астми, хронічних бронхітів і туберкульозу легенів. Традиційна медицина відносить борсуковий жир до харчових біологічно активних добавок. Його також дозволяється застосовувати для підтримки і профілактики організму під час частих захворювань, для розтирання грудей та спини під час запальних захворюваннях верхніх дихальних шляхів [1, 2] та ревматизмі [3]. Відомо, що він покращує теплообмін в шкірі та підшкірній клітковині і стимулює обмінні процеси, спрямовані на зменшення запалення в органах і тканинах.

Борсук європейський належить до родини куніцевих. Це всеїдна тварина, до раціону якої входять різноманітні об'єкти тваринного і рослинного походження – понад 50 видів комах і 25 видів амфібій, плазунів, птахів та дрібних ссавців, а також фрукти, кореневища тощо). Взимку, коли кормові об'єкти зникають, тварини сплять. Головним джерелом енергії в цей період для них є запас жиру, який борсуки накопичують протягом осені [4].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

До основних діючих компонентів борсукового жиру відносять ненасичені жирні кислоти та вітаміни, особливо А і Е.

Вітаміни цих груп, що містяться у борсуковому жирі підсилюють протизапальну дію ненасичених жирних кислот, а також виявляють високу антиоксидантну активність здатні активізувати процеси загоювання пошкоджених тканин та сприяють підвищенню імунного захисту, беруть участь в процесах росту, виробляють стероїдні гормони, грають важливу роль у роботі жіночої та чоловічої репродуктивних систем, у процесах ембріонального розвитку, приймають участь в природному синтезі фібрилярних білків (колагена і кератина).

Ненасичені жирні кислоти (в тому числі омега-3, омега-6 і омега-9), високою концентрацією яких відрізняється борсуковий жир, сприяють покращенню обмінних процесів і трофіки тканин, надають протизапальну та антиоксидантну дію, позитивно впливають на функціональний стан серцево-судинної, нервової, репродуктивної, ендокринної, травної та м'язової системи, покращують стан шкіри, сприяє зміцненню імунітету, приймають участь в регуляції вмісту цукру в крові, перешкоджають розвитку онкологічних захворювань.

Присутні у борсуковому жирі органічні кислоти також підсилюють антиоксидантну дію вітаміни вищезазначених груп та жирних кислот, перешкоджають відкладенню солей сечової кислоти в суглобах та органах сечовивідної системи, а також в значному ступені визначають бактерицидні властивості борсукового жиру та сприяють покращенню процесу травлення.

© І.В. Левчук, І.М. Демидов, В.К. Тимченко, Т.В. Арутюнян, 2017

Вітаміни групи В, які також входять до складу досліджуваного жиру відіграють важливу роль в білковому, вуглеводневому, жировому та водно-сольовому обміні, необхідні для формування імунітету, кровотворення та повноцінної роботи органів зору, регулюють роботу мускулатури, серцево-судинної, травної, нервової, ендокринної систем, сприятливо впливають на стан шкіри людини, нігтів та волосся.

Дані щодо жирнокислотного складу борсукового жиру, встановлені різними науковцями, дещо відрізняються між собою. Так за даними [5] жирнокислотний склад представлено кислотами:

Таблиця 1 – Жирнокислотний склад жирів борсука:

Жирні кислоти	Вміст, %
Миристинова	6,0-7,5
Пальмитинова	20,0-21,0
Стеаринова	7,5-8,0
Пальмітолеїнова	6,0-8,5
Олеїнова	31,0-31,2
Лінолева	8,0-8,7
Елеостеаринова	4,0-4,2
Гадолейнова, арахідонова, брасидинова, нервонова (разом)	12,0-15,0

Так, за даними В.С.Долі із співавторами, найбільше в борсуковому жирі міститься олеїнової (43 %) та пальмитинової кислоти (21,5 %), виявлено також значну кількість пальмітолеїнової (13 %) кислоти. Вміст стеаринової, лінолевої і ліноленої кислот становить відповідно 6,04 %, 4,5 % та 3 % [6]. Подібні результати отримані і К. Zalewski [7], крім того, автором виявлено наявність ейкозапентаєнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової кислот, кількість яких коливалась у межах 0,96-1,6 %, 0,53-0,95 % та 0,30-0,51 % відповідно.

У складі борсукового жиру у формі харчової добавки виявлено більше лінолевої кислоти (15,5 %) менше пальмітолеїнової (7,7%) та ліноленої (0,8 %) кислот [8].

Нажаль, не всі автори зазначили, який саме жир було досліджено (підшкірний, внутрішніх органів, чи піддавався він яким-небудь обробкам та ін.), оскільки ця інформація могла б пояснити різницю в отриманих результатах.

Враховуючи постійний попит на біологічно активні добавки природного походження, зокрема, інтерес споживачів і фахівців традиційної та медичної медицини до властивостей борсукового жиру, дослідження його якісного складу, у тому числі, співвідношення жирних кислот, можна віднести до актуальних питань.

Метою даної роботи було визначення жирнокислотного складу борсукового жиру або добавок на його основі.

Викладання основного матеріалу досліджень. Об'єктами дослідження були: зразок борсукового жиру, придбаного на ринку (далі – зразок № 1), та

дієтична добавка «Жир борсуковий» торгова марка «Екобарс», придбана в аптеці (далі – зразок № 2). Походження борсукового жиру придбаного на ринку, і вид його обробки невідомі. Дієтична добавка «Жир борсуковий» виробляється ТОВ "Жаклін Плюс" (м. Суми, Україна).

Для визначення жирнокислотного складу зразків отримували метилові ефіри жирних кислот згідно вимог ДСТУ ISO 5509-2002 «Жири тваринні і рослинні та олії. Приготування метилових ефірів жирних кислот» [9].

Газохроматографічний аналіз проводили згідно вимог ДСТУ ISO 5509-2001 «Жири та олії тваринні й рослинні. Аналізування чинили методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот» [10] на газовому хроматографі 7890 В (Agilent Technologies) з капілярною колонкою sp-2380 (виробник Supelco) довжиною 100 м, внутрішнім діаметром 0,25 мм, товщиною фази 0,2 мкм. Параметри газового хроматографа: швидкість потоку газу-носія (гелій) – 1,2 мл/хв, спосіб введення зразків - з поділом потоку 100:1, температура інжектора – 280 °С, температура детектора – 290 °С, програма термостату колонки – нагрів зі швидкістю 3°/хв від 40 до 260 °С, об'єм, що інжектуювався – 1,0 мкл.

Для ідентифікації хроматографічних піків використовували стандартну суміш метилових ефірів жирних кислот 37 Component FAME Mix т.м. Supelco (кат. № 47885-U). Реєстрацію та обробку хроматограм здійснювали за допомогою персонального комп'ютера, оснащеного програмним забезпеченням Agilent OpenLAB CDS.

Результати досліджень.

Як видно з табл. 2, жирнокислотний склад досліджених зразків суттєво відрізняється.

Так, у зразок № 1 відрізнявся від зразка № 2 значно більшим вмістом міристинової (у 3,2 рази більше), стеаринової (у 3,5 раз більше), пальмітолеїнової (у 3,6 раз більше) та лінолевої кислоти (у 4 рази більше). В той же час, вміст у зразку № 1 олеїнової та ліноленої кислоти був меншим, ніж у складі зразка № 2 (у 1,5 та 9,3 рази відповідно).

На відміну від зразка № 2, у зразку № 1 виявлено ейкозапентаєнову, докозапентаєнову та докозагексаєнову кислоти у кількості 0,11-0,16 %. зазначені кислоти є попередниками біологічно активних речовин, які відіграють важливу роль в організмі – простагландинів, лейкотриєнів, тромбосанів.

В обох зразках переважали мононенасичені жирні кислоти (43,0 % і 57,3 % відповідно), дещо менше виявлено поліненасичених (31,3% і 24,2 %) і насичених (25,7 % і 18,6%).

Отримані результати збігаються з літературними даними [7] щодо особливостей жирнокислотного складу борсукового жиру. Так, порівняно із ліпідами тварин, для яких не є характерним зимовий сон, жирова тканина борсука відрізняється високою концентрацією міристинової та пальмітолеїнової кислот.

Крім того, ліпіди борсука містять у своєму складі суттєві кількості омега-6 та есенціальних омега-3 ненасичених жирних кислот, що не є типовим для тваринного жиру. Зазвичай, омега-6 кислоти містяться у великій кількості в оліях, а омега-3 більш характерні для жирів морських тварин та рибацького жиру.

Однією з причин різного жирнокислотного складу досліджених зразків може бути різне походження жиру, використаного для їх приготування. За даними [7], вміст окремих жирних кислот та їх груп (насичені, моно- та поліненасичені) в борсуковому жирі може значно коливатись залежно від типу тканини, з якої його виділено. Зазвичай у жирі, виділеному з підшкірної клітковини, жирових відкладень навколо нирок та кишкового, переважають мононенасичені та насичені жирні кислоти, у жирових прошарках м'язової тканини більше насичених жирних кислот, у жирі, виділеному з печінки найбільше поліненасичених жирних кислот.

Таблиця 2. Жирнокислотний склад (відносна масова частка жирних кислот, %) досліджених зразків

Найменування жирних кислот	Зразок № 1	Зразок № 2
Насичені:		
Лауринова (C12:0)	0,19	не більше 0,05
Міристинова (C14:0)	2,9	0,9
Пальмітинова (C16:0)	15,7	14,8
Маргарінова кислота (C 17:0)	0,15	0,8
Стеаринова кислота (C18:0)	6,6	1,9
Арахідова кислота (C 20:0)	0,12	0,09
Сума	25,7	18,6
Мононенасичені:		
Міристолеїнова (C 14:1)	0,4	не більше 0,05
Пальмітолеїнова кислота (C16:1)	6,8	1,9
Гептадецена кислота (C 17:1)	0,16	0,9
Олеїнова кислота (C18:1)	34,8	53,7
Ейкозенова кислота (C 20:1)	0,4	0,7
Докозенова кислота (22:1)	0,4	не більше 0,05
Сума	43,0	57,3
Поліненасичені:		
Лінолева кислота (C 18:2)	28,7	7,1
Ліноленова кислота (C18:3)	1,8	16,7
Ейкозадієнова кислота (C 20:2)	0,28	0,08
Арахідонова кислота (C 20:4)	0,06	0,24
Ейкозапентаєнова кислота (C 20:5)	0,11	не більше 0,05
Докозапентаєнова кислота (C 22:5)	0,16	не більше 0,05
Докозагексаєнова кислота (C 22:6)	0,14	не більше 0,05
Сума	31,3	24,2
Омега-3 жирні кислоти	2,2	16,7
Омега-6 жирні кислоти	28,7	7,3

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Жирнокислотний склад борсукового жиру може відрізнятися в залежності від типу жирових тканин, з

яких його було отримано.

Переважаючими кислотами є мононенасичені, на другому місці – поліненасичені, найменший відсоток становлять насичені кислоти.

Проведенні дослідження свідчать про те, що борсуковий жир містить цінні жирні кислоти, у тому числі незамінні (альфа-ліноленову, ейкозапентаєнову, докозапентаєнову та докозагексаєнову). Особливості жирнокислотного складу ліпідів, виділених з різних тканин, а також в залежності від умов життєдіяльності та годівлі тварин потребують подальшого вивчення.

Крім того, у зв'язку зі спробами фальсифікації борсукового жиру потрібно детально дослідити фізико-хімічні характеристики жиру, а саме: консистенцію, питому вагу, в'язкість, число рефракції, температура плавлення та затвердіння, йодне число, кислотне число [10], а також якісне та кількісне співвідношення жирних та летючих кислот до ненасичених жирних кислот до насичених, вміст вітамінів E і т.ін.

Список літератури

1. Карпова Е.П. Возможности использования эфирных масел в комплексной терапии острых респираторных заболеваний у детей / Е.П. Карпова, Е.Е. Вагина // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2016. – Т 1. – С. 104–109.
2. Место ароматерапии в лечении и профилактике острых респираторных заболеваний / С.В. Зайцева, А.К. Застрожина, Е.А. Бельская // Трудный пациент. 2015. – № 1–2, Т. 13. – С. 26–32.
3. Hancox M. Badger research and human medicine / Lancet. – 1992. – Vol. 339. – P. 317–378.
4. Дикий І. Живлення борсука (Meles Meles L.) на території Західної України / І. Дикий, О. Дика // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія біологія. 2005. – Вип. 17. – С. 42–49.
5. Руководство по методам исследования, техникохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности [Текст]. Т.5 : Справочные материалы по составу и важнейшим свойствам масличных семян, жиров, масел / Под общ. ред.: В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. – Л.: ВНИИЖ, 1969. – 502 с.
6. Изучение жирнокислотного состава барсучьего жира / В.С. Доля, Н.С. Фурса, С.Н. Соленикова и др. // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр. / под ред. М.В. Гаврилина / Пятигорская ГФА. – Пятигорск, 2009. – Вип. 64. – С. 277–279.
7. Characterization of fatty acid composition in Eurasian Badger (Meles Meles) / K. Zalewski, D. Martysiak-Zurowska, M. Iwaniuk et al. // Polish J. of Environ. Stud. – 2007. – Vol. 16, N 4. – P. 645–650.
8. Канюка Е.Ю. К вопросу определения жирнокислотного состава барсучьего жира / Е.Ю. Канюка, Е.Н. Юрченко,

- Р.В.Бабич // Матеріали за XII Межд. научна практична конференція «Образованието и наука та на XXI век – 2016», 17-15 октомври, 2016 .– Том 6 «Медицина. Биологични науки. Екология. Селско стопанство». – София «БялГРАД-БГ» ООД, 2016. – С. 47–49.
9. Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509:2000, IDT): ДСТУ 5509-2002 – [Чинний від 2003–10–10] – К: Держстандарт України, 2003 – 21 с.: табл. – (Національний стандарт України). Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509:2000, IDT): ДСТУ 5509-2002 – [Чинний від 2003–10–10] – К: Держстандарт України, 2003 – 21 с.: табл. – (Національний стандарт України).
 10. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). Підручник з грифом МОН / Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Денисова А.Є., Демидов І.М., Арсен'єва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. – К.: «Центр учбової літератури», 2016. – 468 с.
 5. Rukovodstvo po metodam issledovaniya, tehnohimicheskomu kontrolju i uchetu proizvodstva v maslozhirovoj promyshlennosti [Tekst]. T.5 : Spravochnye materialy po sostavu i vazhnijshim svojstvam maslichnyh semjan,zhirov,masel / Pod obshh.red.: V.P. Rzhzhina, A.G. Sergeeva. – L. : VNIIZh, 1969. – 502 p.
 6. Izuchenie zhirkokislotojnogo sostava barsuchego zhira / V.S.Dolya, N.S.Fursa, S.N.Solennikova i dr. // Razrabotka, issledovanie i marketing novoy farmatsevticheskoj produkcii: sb. nauch. tr./ pod red. M.V.Gavrilina / Pyatigorskaya GFA.– Pyatigorsk, 2009. – Vyip. 64. – P. 277–279.
 7. Characterization of fatty acid composition in Eurasian Badger (*Meles Meles*) / K.Zalewski, D.Martysiak-Zurowska, M.Iwaniuk et al. // Polish J. of Environ. Stud. 2007. – Vol. 16, No. 4. – P. 645–650.
 8. Kanyuka E.Yu. K voprosu opredeleniya zhirkokislotojnogo sostava barsuchego zhira / E.Yu.Kanyuka, E.N.Yurchenko, R.V.Babich // Materiali za XII Mezhdunarodna nauchna praktichna konferentsiya «Obrazovaniето i nauka ta na XXI vek – 2016», 17-15 oktomvri, 2016. – T. 6 «Meditsina. Biologichni naukiy. Ekologiyay. Selsko stopanstvo». – Sofiya «ByalGRAD-BG" OOD, 2016. – P. 47-49.
 9. Zhyry ta oliyi tvarynni i roslynni. Pryhotuvannya metylovykh efiriv zhyrnykh kyslot (ISO 5509:2000, IDT): DSTU 5509-2002 – [Chynnyy vid 2003–10–10] – K: Derzhstandart Ukrayiny, 2003 – 21 p.: tabl. – (Natsional'nyy standart Ukrayiny).
 10. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikkladah i zadachah (innovacijni zahodi). Pidruchnik z grifom MON / Tovazhnjans'kij L.L., Buhkalo S.I., Kapustenko P.O., Denusova A.E., Demudov I.M., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. ta in. – K.: «Centr uchbovoї literaturi», 2016. – 468 p.

Bibliography (transliterated)

1. Karpova E.P. Vozmozhnosti ispolzovaniya efirnykh masel v kompleksnoy terapii ostryykh respiratornykh zabolevaniy u detey / E.P. Karpova, E.E. Vagina // Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii. 2016. – T 1. – P. 104–109.
2. Mesto aromaterapii v lechenii i profilaktike ostrah respiratornykh zabolevaniy / S.V.Zaytseva, A.K.Zastrozhina, E.A.Belskaya // Trudnyiy patsient. 2015. – No. 1–2, T. 13. – P. 26–32.
3. Hancox M. Badger research and human medicine / Lancet. 1992. – Vol. 339. – P. 317–378.
4. Dykyu I. Zhyvlennya borsuka (*Meles Meles* L.) na terytoriyi Zakhidnoyi Ukrayiny / I. Dykyu, O Dyka // Naukovyy visnyk Uzhhorods'koho universytetu. Seriya biolohiya. 2005. – Vyp. 17. P. 42-49.

Поступила (received) 23.06.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Особливості жирнокислотного складу вітчизняного борсукового жиру / І.В. Левчук, І.М. Демидов, В.К. Тимченко, Т.В. Арутюнян // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 80–84. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Особенности жирнокислотного состава отечественного барсучьего жира / И.В. Левчук, И.М. Демидов, В.К. Тимченко, Т.В. Арутюнян // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 80–84. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Features of the fatty acid composition of domestic badger fat / I.V. Levchuk, I.M. Demidov, V.K. Timchenko, T.V. Arutyunyan// Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18 (1240). – p. 80–84. Bibliog.:10 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Левчук Ірина Володимирівна – ДП «Укрметртестстандарт», старший науковий співробітник, начальник науково-методичної лабораторії хроматографічних досліджень, тел.: (044) 526-10-30, (044) 522-66-57, e-mail: iryna.levchuk.v@gmail.com

Levchuk Iryna Volodymyrivna – head of the scientific-methodical laboratories chromatographic studies SE «Ukrmetrteststandard» tel: (044) 526-10-30, (044) 522-66-57, e-mail: iryna.levchuk.v@gmail.com

Левчук Ірина Владимировна – ГП «Укрметртестстандарт», старший научный сотрудник, начальник научно-методической лаборатории хроматографических исследований, тел.: (044) 526-10-30, (044) 522-66-57, e-mail: iryna.levchuk.v@gmail.com

Демидов Ігор Миколайович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: demigon@rambler.ru

Demydov Igor Mykolayovych – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», professor technology of fats and products of fermentation department, tel.: (057) 707-63-29, e-mail: demigon@rambler.ru

Демидов Игорь Николаевич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры технологии жиров и продуктов брожения, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: demigon@rambler.ru

Тимченко Валентина Кузьмівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: atanusha@i.ua

Timchenko Valentyna Kuzmivna – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», professor technology of fats and products of fermentation department, tel.: (057) 707-63-29, e-mail: atanusha@i.ua

Тимченко Валентина Кузьминична – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры технологии жиров и продуктов брожения, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: atanusha@i.ua

Арутюнян Тетяна Володимирівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: arutunyan@kpi.kharkov.ua

Arutyunyan Tetyana Volodymyrivna – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», docent technology of fats and products of fermentation department, tel.: (057) 707-63-29, e-mail: arutunyan@kpi.kharkov.ua

Арутюнян Татьяна Владимировна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры технологии жиров и продуктов брожения, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: arutunyan@kpi.kharkov.ua